

# ТЕМА IX. ЭНТРОПИЯ



Виктор Бурмин  
«Энтропия в пространстве не  
ограниченная во времени»



Уве Бремер  
«Возрастающая энтропия»

# 4. ЭНТРОПИЯ И БЕСПОРЯДОК

## Энтропия и беспорядок

До встряхивания

После встряхивания



Любой процесс в замкнутой системе завершается переходом системы в состояние с большей степенью беспорядка

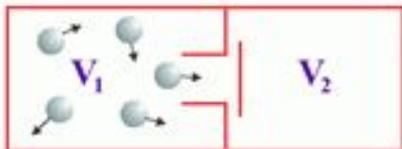
Энтропия - мера беспорядка физической системы

$$\left. \begin{aligned} S &= k \ln W \\ \Delta S &> 0 \end{aligned} \right\}$$

"Демон" Максвелла - гипотетическое устройство, приводящее к возникновению градиента температуры без совершения внешней работы

### Задание

Объясните почему невозможна работа устройства, пропускающего в объем  $V_2$  только быстрые молекулы



$$W \equiv \Omega; \quad S = k \ln \Omega;$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}; \quad [S] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

$$\Omega = \Omega_1 \Omega_2 \Rightarrow$$

$$S = k \ln(\Omega_1 \Omega_2) = k \ln \Omega_1 + k \ln \Omega_2 \Rightarrow$$

1. Энтропия – величина аддитивная

$$S = \sum_{i=1}^N S_i.$$

2. В ходе необратимого процесса энтропия изолированной системы возрастает.

3. Энтропия изолированной системы, находящейся в равновесном состоянии максимальна



# 5. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭНТРОПИИ

Для обратимых процессов энтропию можно определить как функцию, приращение которой равно отношению элементарного количества полученной системой теплоты к термодинамической температуре системы (обратимый процесс).

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}$$

Утверждение о том, что энтропия изолированной термодинамической системы может только возрастать либо по достижении максимального значения оставаться постоянной, носит название **закона возрастания энтропии** или **второго начала термодинамики**.

ФИЗИКА 86

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

**Энтропия и равновесное состояние**

В изолированной системе

$dS \geq 0$

= - для обратимых процессов  
> - для необратимых процессов

В изолированной системе тело с температурой  $T_1$  отдает теплоту  $\delta Q_1$ , а тело с температурой  $T_2$  принимает теплоту  $\delta Q_2$

$\delta Q_1 < 0, \delta Q_2 > 0$

адиабатическая оболочка

$T_1 > T_2, -\delta Q_1 = \delta Q_2$

Приращение энтропии системы:

$dS = dS_1 + dS_2 = \frac{\delta Q_1}{T_1} + \frac{\delta Q_2}{T_2} > 0$

К равновесному состоянию система приходит при протекании необратимых процессов

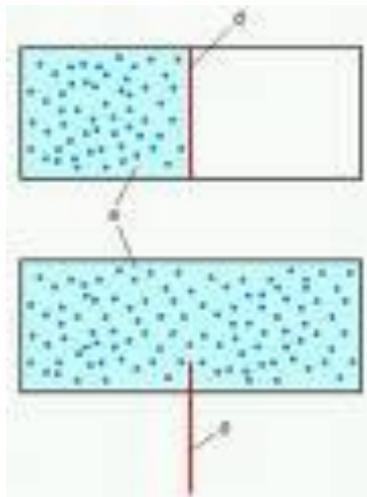
Теплота передается от тел более нагретых к телам менее нагретым

Равновесное состояние соответствует максимальному значению энтропии

$S_{\text{равновес}} = S_{\text{max}}$

ФНПО Росуглебор, Кемеровский государственный университет  
©2001, Кемерово, ул. Ленина, 75, Кирг/С т. (81-3) 65-51-51, e-mail: fgnpo@yandex.ru, internet: www.fgnpo.ru

# 6. ЭНТРОПИЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

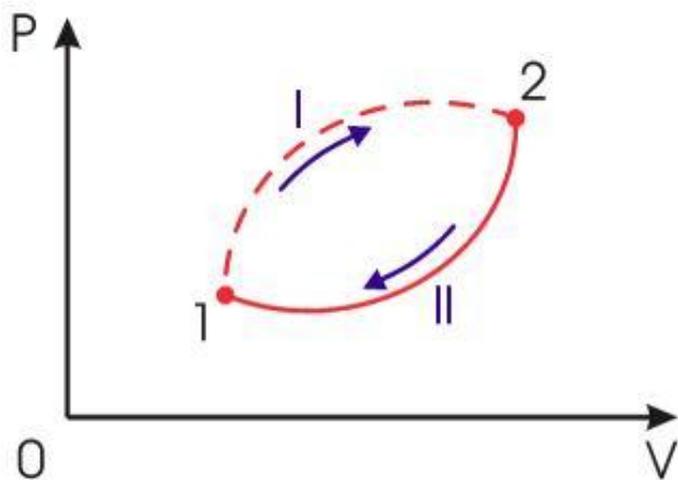


Если системе сообщается количество теплоты  $\delta Q$  в ходе необратимого процесса, то энтропия получает положительное приращение, обусловленное необратимостью процесса.

$$dS > \frac{\delta Q}{T}$$

(необратимый процесс).

при протекании необратимого процесса энтропия может не только возрастать, но и убывать.



# 9. ТЕОРЕМА НЕРНСТА

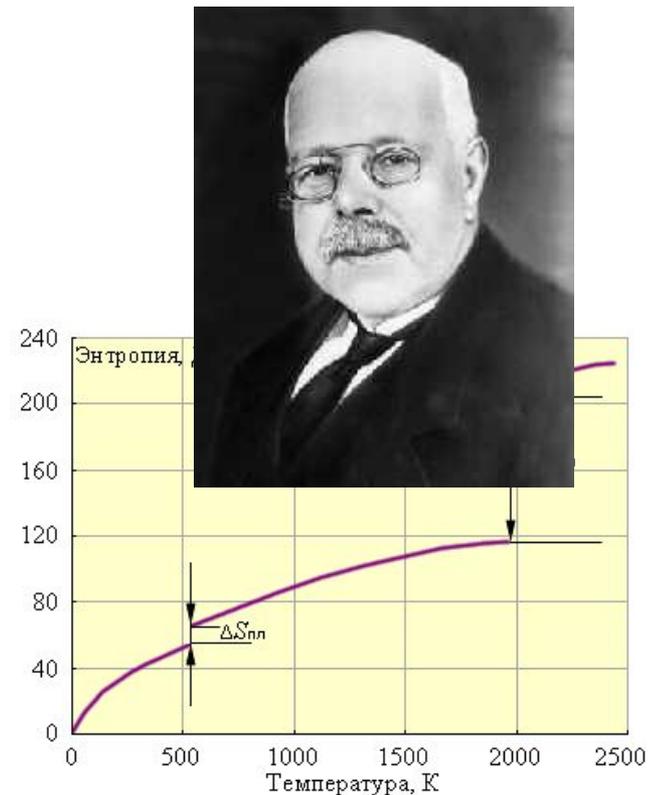
При стремлении температуры к абсолютному нулю уменьшается хаотичность системы. В пределе всякое тело будет находиться в состоянии, статистический вес которого равен единице.

$$S = \ln \Omega; \quad \Omega = 1 \Rightarrow S_0 = \ln 1 = 0.$$

Вывод: энтропия любого тела стремится к нулю при стремлении к нулю температуры:

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0.$$

Это утверждение называется теоремой Нернста или третьим началом термодинамики.



Вальтер Нернст  
1864 – 1941  
немецкий физико-химик

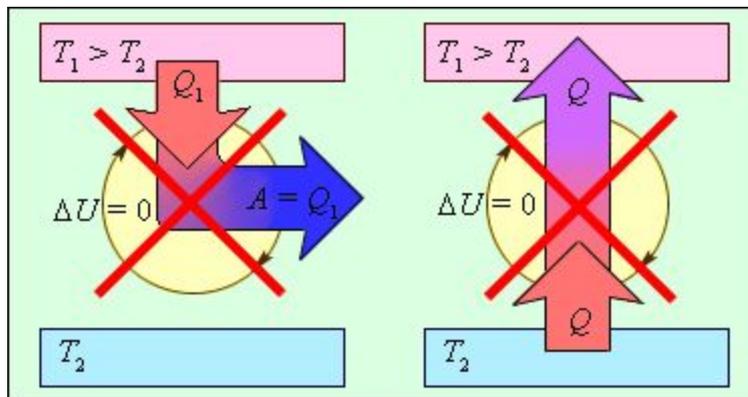
# 17. ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ (КЛАУЗИС)

Энтропия изолированной системы  
не убывает:  $dS \geq 0$ .

Невозможны такие процессы, един-  
ственным результатом которых  
был бы переход теплоты от тела  
менее нагретого к телу более нагретому  
( Р. Клаузиус).



Рудольф Клаузиус  
1822 – 1888  
немецкий физик



СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!